Original Articles Korean Circulation J 2001;31(7):655-661

돼지 관상동맥 스텐트 재협착 모델에서 Core® Stent와 Palmaz-Schatz® Stent의 비교

연세대학교 의과대학 연세심장혈관병원 심장내과학교실 심혈관 연구소
최동훈 · 최승혁 · 조덕규 · 경희두 · 조정래
김중선 · 오성진 · 권승현 · 장양수 · 조승연

Comparison of the Core® Stent and Palmaz-Schatz® Stent in a Porcine Stent Restenosis Model

Donghoon Choi, MD, Seung-Hyuk Choi, MD, Duk Kyu Cho, MD, Hee Doo Kyung, MD, Jung Rae Cho, MD, Jung Sun Kim, MD, Sung Jin Oh, MD, Seung Hyun Kwon, MD, Yangsoo Jang, MD and Seung Yun Cho, MD

Cardiology Division, Yonsei Cardiovascular Hospital and Cardiovascular Research Institute, College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives : The purpose of this study is to compare the new Core® stent and Palmaz-Schatz® (PS) stent in a porcine coronary stent restenosis model. **Methods** : Twelve pigs underwent balloon injury followed by implantation of oversized, tubular-type Core® and PS® stents (stent/artery ratio 1.2 : 1) in twenty-four coronary arteries. Quantitative analyses of the initial and follow-up coronary angiograms at 4 weeks after stenting was performed. The extents of injury and the neointimal area were compared between the two stented groups according to morphometric analysis. The stent flexibility and longitudinal staightening effect were compared between the two groups by the bending test and measurement of the angle changes. **Results** : 1) The reference vessel diameter, stented artery diameter, and diameter of the stenosis were not different between the two groups. 2) The neointimal area was significantly smaller in the Core® stent group than in the PS® stent group (1.81±0.67 mm^2 vs 2.93±0.94 mm^2, p=0.006). 3) The Core® stent had more flexible property than the PS® stent. 4) The angle changes following stent implantation did not differ between the two groups(13.2±9.0, 14.4±11.1, p=0.88). **Conclusion** : Core® stent is effective in the inhibition of neointimal formation in a porcine coronary stent restenosis model. These results may be due to the improved flexibility of the Core® stent, although further clinical trials may be needed. **(Korean Circulation J 2001; 31(7):655-661)**

KEY WORDS : Porcine model · Stents · Restenosis.

논문접수일 : 2001년 2월 28일
심사완료일 : 2001년 5월 28일
교신저자 : 장양수, 120 - 752 서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교 의과대학 연세심장혈관병원 심장내과학교실
전화 : (02) 361 - 7071 · 전송 : (02) 393 - 2041 E - mail : ysjang1212@yumc.yonsei.ac.kr

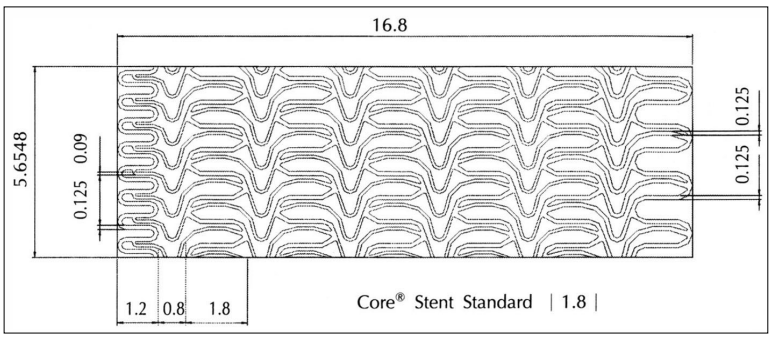

Fig. 1. Core® stent design permits independent tailoring of radial strength and flexibility elements for optimal stent performance. The thickness of vertical strut is 0.125 mm and the thickness of horizontal strut is 0.09 mm. The cell width of distal portion of stent is 1.2 mm but the width of proximal portion of stent is 1.8 mm.

서 론

관상동맥 질환 치료에 있어 stent 삽입술은 풍선확장 성형술의 단점인 급성폐쇄, suboptimal result 등을 극복할 수 있을 뿐 아니라,[1-3] 재협착율을 낮출 수 있는 것으로 보고되고 있어[4)5)] 많은 종류의 stent가 개발, 시술되고 있다. Stent는 크게 모양에 따라 tube형과 coil형으로 나눌 수 있으며 이 stent들은 각기 적합한 case에 따라 사용이 되는데, tortuous, angulated, distal lesion 등에는 기존의 slotted tube 모양의 stent를 삽입하기에는 많은 어려운 점이 있어 coil형 stent도 임상에서 많이 사용되고 있다. 그러나, coil형 스텐트는 slotted tube형 스텐트에 비해 radial force가 떨어지는 단점이 있다. 최근에 새롭게 개발된 MAC® stent는 multicellular design의 스텐트로 기존의 slotted tube형 stent에 비해 개선된 굴곡적응도(flexibility)를 갖으면서도 vessel support가 뛰어난 장점을 갖도록 개발되어 이미 임상에서 좋은 결과를 얻고있다.[6)] 저자들은 기존의 MAC® stent의 개념을 발전시킨 multicellular design의 Core® stent(E.O. Medical)를 개발하여 대표적인 slotted tube stent인 Palmaz-Schatz®(PS) stent(Johnson & Johnson사)와 비교하였다(Fig. 1).

대상 및 방법

실험동물

동물 실험은 임상의학연구센터 윤리위원회의 허가를 받아 실시하였으며, 총 12마리의 돼지에서 실험을 하였다. 무게 25 30 kg의 일반돼지로 시술 3일전부터 500 mg의 아스피린과 500 mg의 티클로피딘을 투여하였다. 시술 전날 밤 12부터 금식후 ketamine과 xylazine을 이용하여 마취를 유도하였으며 기도삽관 후 전신마취를 하였다. 무균 상태로 목의 정중앙선을 절개하여 좌 혹은 우 경동맥을 절개 후 8 F sheath를 삽입하였다. 시술 중 헤파린은 10,000 IU를 사용하였다. MCA-501® fluoroscope(Medison-ACOMA Co., Seoul, Korea)를 이용하여 8 F 유도도관을 상행대동맥으로 삽입한 후 좌, 우 관상동맥의 개구부에 위치시켰다.

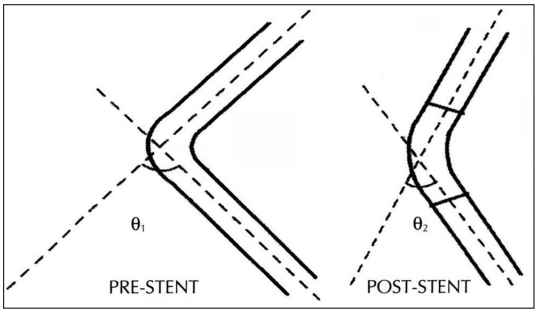

Fig. 2. The method of measurement of the angle changes. On the orthogonal view the acute angle was measured by a protractor.

스텐트 삽입술 및 추적 관상동맥 조영술

관상동맥 조영술상 혈관 직경이 3.0 mm 정도인 좌전하행지, 좌회선지 혹은 우관상동맥에 스텐트를 삽입하였다. 풍선으로 확장시킨 스텐트와 기준 혈관의 직경이 1.2 : 1의 비율이 되도록 풍선을 선정해 스텐트를 풍선에 손으로 입힌 후 관상동맥에 삽입하는 방법을 시도했다. 풍선은 6기압 내지 8기압 정도로 20초간 확장하였다. 스텐트 삽입술이 끝난 후 혈관 조영술을 시행해서 스텐트가 삽입된 혈관의 과팽창 유무와 혈관의 개폐 여부를 확인하였다. 스텐트는 Core® stent(1군)와 PS® stent(2군)를 동일한 돼지에 각각 1개씩 모두 12마리의 돼지에 삽입하였다. 시술 후 모든 유도도관과 sheath

를 제거한 후 경동맥은 결찰하고 피하조직과 피부를 봉합하였다. 시술 후 4주간 아스피린과 티클로피딘을 계속 사용하였다. 4주 후 같은 방법으로 마취를 하고 추적 관상동맥 조영술을 시행하였다. 추적 관상동맥 조영술은 처음 시술할 때와 같은 기구를 사용하여 같은 각도로 촬영을 하였다. 모든 관상동맥 조영술은 비디오 테이프로 녹화한 후 분석하였다. 관상동맥의 정량적 분석은 electric caliper를 이용해 유도도관의 직경을 기준으로 측정하였고, 스텐트 삽입 전후 관상동맥의 각도 변화는 관상동맥 조영술 사진의 예각을 각도기를 이용하여 측정하였다(Fig. 2).

Histopathology and Morphometry

추적 관상동맥 조영술 후 돼지를 안락사시키고 심장을 바로 적출하여 10% formalin을 이용하여 24시간 동안 perfusion fixation시켰다. 스텐트를 포함하고 있는 관상동맥을 스텐트의 상, 하부 1 cm까지 적출하였고 이 절편을 ethylmethacrylat(Energy Beam Sciences Inc.)을 이용하여 단단하게 처리한 후 텅스텐 칼(Energy Beam Sciences Inc.)로 근위부부터 원위부까지 스텐트가 조직에 있는 그대로 5개의 절편을 만들었다. 만든 절편을 hematoxyline-eosin 염색 및 Lawson's elasticvan Gieson 염색법으로 염색을 하여 조직 검사를 시행하였다. 형태학적 검사는 Image-Pro plus ver 2.0 for Windows 95(Media cybernetics, Silver Spring, MD, USA)를 이용하여 수행하였다. PS® 스텐트는 가운데 연결 부위를 먼저 자른 후 절편을 만들었고 가운데 연결 부위는 형태학적 검사에서 제외하였다. 5개의 절편 중 가장 신생내막의 증식이 많은 3개의 절편에서 중막(media)의 면적, 신생내막(neointima)의 면적 및 신생내막 면적 대 중막 면적비(ratio of the neointimal area to the medial area, 이하 내막/중막 비)를 구하여 절편의 평균값으로 산출하였다. 스텐트 과확장 손상법에 의한 혈관 손상의 평가는 Schneider 등[7]이 분류한 방법을 사용하여 신생내막의 증식이 많았던 3개의 절편에서 측정하고 그 평균값으로 하였다.

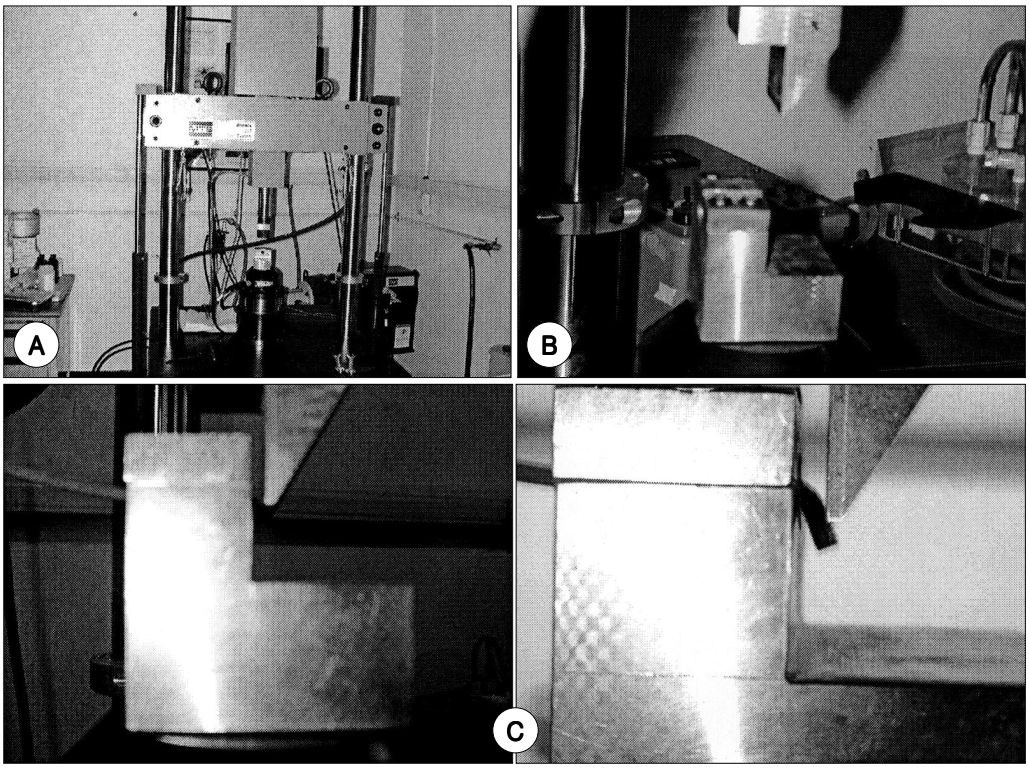

Fig. 3. Bending test machine. A : Overview of machine. B : The shape of zig. C : Bending test with polyurethance tube and stent.

Longitudinal straightening effect 측정을 위한 bending test

Core® stent의 굴곡적응도(flexibility)와 longitudinal straightening effect를 측정하고자 Palmaz - Schatz® stent와 비교하여 한축 굽힘시험으로 지그를 사용하여 고정하고 하중에 따른 각각 stent의 변형량을 측정하였다. PS® stent가 각각 7 mm의 절편과 1 mm의 중간 연결부위로 구성되어 있어 굽힘 실험은 각각 7 mm의 PS® stent와 Core® stent 절편을 이용하였다. 굽힘지수는 스텐트 절편 끝을 분당 5 mm 굽힐 때 필요한 스트레스를 초당 1,000번을 측정하였다. 측정장비의 대략적인 형상은 Fig. 3과 같다. 기본적인 스텐트 구조를 유지하기 위하여 폴리우레탄 튜브의 하중에 따른 벤딩 테스트를 먼저 시행하고 Core® stent와 PS® stent 각각을 폴리우레탄 튜브에 씌운 후 10회의 굴곡 시험을 시행하고 평균값을 구하여 다시 폴리우레탄 튜브에 대한 수치를 감하여 결과를 얻었다.

통계 방법

모든 자료는 평균±표준편차로 기술하였다. 관상동

Table 1. Quantitative coronary angiographic findings of porcine coronary arteries after placement of Core® (Group Ⅰ) and Palmaz-Schatz® stents (Group Ⅱ)

	Group Ⅰ (n=12)	Group Ⅱ (n=12)	p
Reference diameter (mm)	2.97±0.08	2.98±0.09	0.668
Stented artery diameter (mm)	3.35±0.18	3.34±0.21	0.947
F/U MLD (mm)	2.50±0.13	2.49±0.19	0.897

Table 2. Histopathologic assessment of porcine coronary arteries stenting with Core® (Group Ⅰ) and Palmaz-Schatz® stent (Group Ⅱ)

	Group Ⅰ (n=12)	Group Ⅱ (n=12)	p
Injury score	1.58±0.48	1.06±0.82	0.096
Media area (mm^2)	2.31±1.14	2.18±0.40	0.073
Intima area (mm^2)	1.81±0.67	2.93±0.94	0.006
Intima/Media area ratio	0.91±0.41	1.35±0.40	0.023

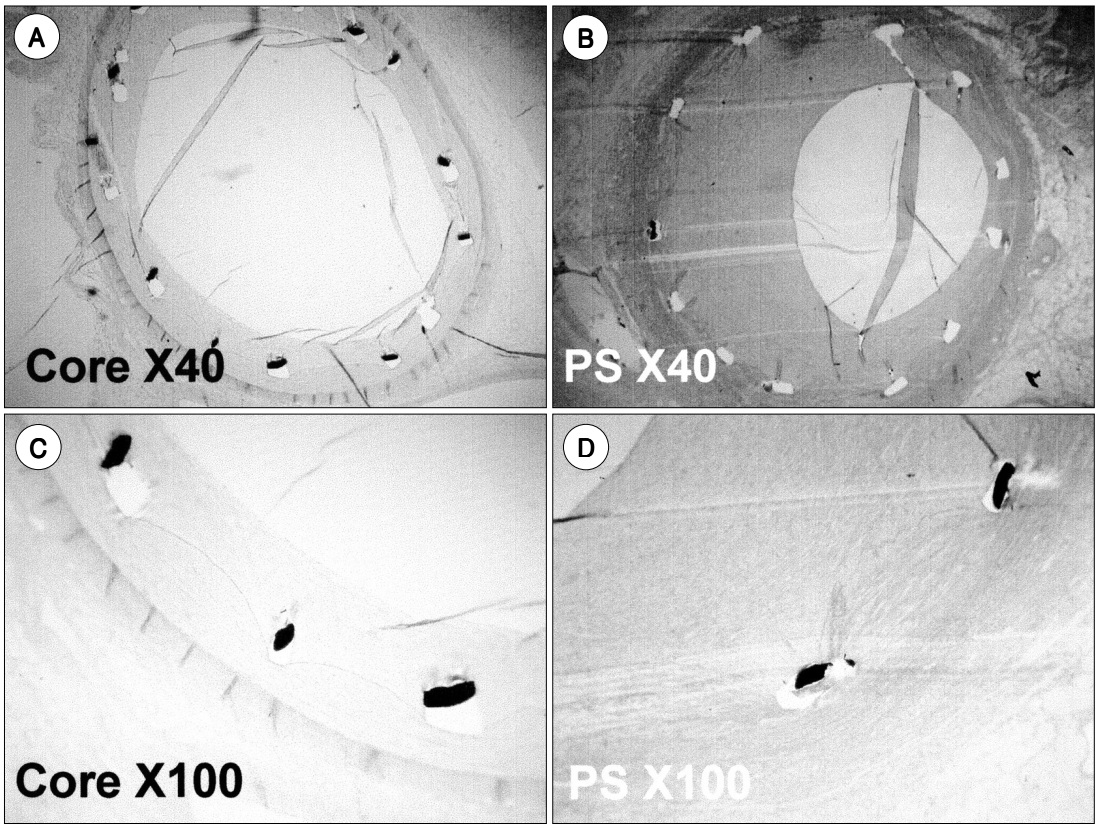

Fig. 4. Pathologic findings showed smaller neointimal area in Core® stent (A, B) than in Palmaz-Schatz® stent (C, D).

Table 3. Measurement of angled changes after Core® (Group Ⅰ) and Palmaz-Schatz® stent(Group Ⅱ) implantation

	Group Ⅰ (n=12)	Group Ⅱ (n=12)	p
Pre-stent	19.6±10.8	29.4±21.2	0.47
Post-stent	8.8±2.95	17.0±9.67	0.22
Angled changes	13.2±9.0	14.4±11.1	0.88

맥 조영술상 변화와 형태학적 변화는 Student 's t-test로 검정하며 p 값이 0.05 이하인 경우에 통계적 유의성이 있다고 표현하였다.

결 과

돼지 관상동맥 내에 각각 12개의 PS® stent와 Core® stent를 성공적으로 삽입하였다. PS® stent는 좌전하행지에 6개, 좌회선지에 5개, 우관상동맥에 1개 삽입하였고 Core® stent는 좌전하행지에 6개, 좌회선지에 4개, 우관상동맥에 2개를 삽입하였다.

1) 관상동맥 조영술상 기준혈관의 내경은 1군에서 2.97±0.08 mm, 2군에서 2.98±0.09 mm로 두 군 사이에 차이는 없었다. 시술 직후 스텐트 과확장 손상에 의하여 확장된 시술부위 혈관 내경은 1군 3.35±0.18 mm, 2군 3.34±0.21 mm로 스텐트는 두 군에서 동일한 정도로 관상동맥을 확장시킨 것을 알 수 있었다. 또한 시술 4주 후 스텐트 시술부위의 혈관 내경은 1군 2.50±0.13 mm, 2군 2.49±0.19 mm로 신생내막의 증식으로 인한 관상동맥 협착의 정도는 양군에서 같았다(Table 1).

2) 조직병리검사상 손상 지수는 1군은 1.58±0.48, 2군은 1.06±0.82로 Core® stent 군이 Palmaz-Schatz® stent 군에 비해 혈관 손상이 심한 것으로 보였으나 통계적 유의성은 없었다. 또한 두 군 사이에 중막층의 두께는 차이가 없었고 신생 내막면적은 1군은 1.81±0.67 mm^2, 2군은 2.93±0.94 mm^2로 Core® stent를 삽입한 군이 Palmaz-Schatz® stent를 삽입한 군에 비해 신생내막 면적이 유의하게 작았다(Table 2, Fig. 4).

3) Bending test 결과 Core® stent가 PS® stent에 비해 굴곡적응도와 longitudinal straightening effect를 대변하는 굽힘지수가 통계적으로 의의있게 적었다(Fig. 5).

4) 스텐트를 삽입한 후 관상동맥의 각도의 변화를 측정한 결과 PS® stent와 Core® stent 사이에 차이가 없었다(Table 3).

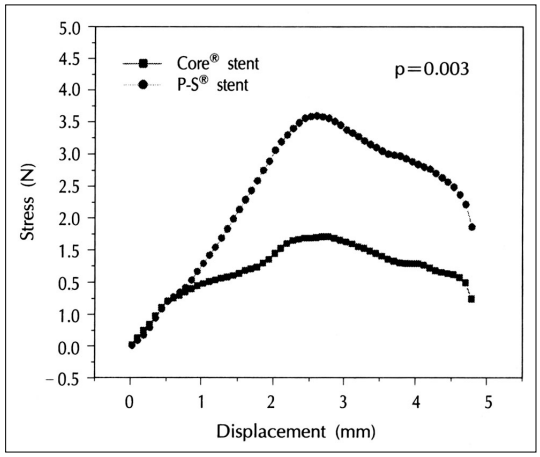

Fig. 5. Comparisons of longitudinal straightening effect of Core® stent and PS® stent. Core® stent had more flexible property than PS® stent.

고 찰

관상동맥내 스텐트 삽입술은 풍선확장술 시행 후 발생할 수 있는 급성내막 박리에 대한 치료와 혈관의 탄성반동(elastic recoil)에 대한 예방 및 재협착의 빈도를 줄일 수 있는 치료 방법으로 보고되고 있다. 1986년 Sigwart 등에 의해 metalic stent의 임상 적용이 처음 보고된 이후 기술적인 발전으로 인해 새로운 스텐트의 개발이 많이 이루어지고 있다.[8] 특히, 굴곡이 심한 병변이나 병변의 길이가 긴 경우에는 기존의 slotted tube형 스텐트를 삽입하기에는 어려운 점이 있어 삽입이 용이한 coil형 스텐트가 개발되어 임상에 사용되고 있다. 그러나 coil형 스텐트는 slotted tube형 스텐트에 비해 radial force가 떨어져 급성 스텐트 탄성반동(acute stent recoil)이 많고 stent strut 사이의 공간이 넓어 조직 탈출(tissue prolapse)이 많은 단점이 있다.[9-11]

따라서 굴곡 적응도가 좋으면서도 강한 radial force를 가진 스텐트를 개발하기 위한 노력이 많이 진행되고 있다. MAC® stent는 radial force를 담당하는 vertical strut는 두껍게 만들고 flexibility를 담당하는 horizontal strut는 얇게 만들어 radial force를 기존의 스텐트에 비해 좋게 만들었고 반면에 굴곡성은 더욱 호전시킨 획기적인 스텐트로 매우 굴곡이 심한 병변도 아주 쉽게

통과하는 장점이 있었다. Core® stent는 이러한 MAC® stent의 장점을 그대로 살리면서 strut 수를 늘려 strut 사이의 공간을 줄임으로써 죽상경화반 조직의 탈출을 줄이고 스텐트 원위부 즉 혈관을 처음으로 직접 통과하는 부위의 cell 길이를 짧게 고안하여서 기존의 MAC® stent에 비해 더욱 향상된 flexibility와 trackability를 갖도록 만들어졌다.

또한 스텐트 근위부는 strut의 두께를 굵게 하여 radial force를 보강하였다. 본 실험에서는 이러한 Core® stent의 장점을 입증하기 위해 longitudinal straightening effect와 flexibility를 대변하는 굽힘지수를 측정한 결과 기존의 대표적인 PS® stent에 비해서 굽힘지수가 현저히 적음을 알 수 있었다. 이런 혈관 굴곡에 대한 향상된 적응력 및 계속적인 굴곡 유지의 효과 모두가 혈관벽에 대한 스텐트로 인한 지속적인 자극을 격감시켜, Core® stent 군이 PS® stent 군에 비해 신생 내막 형성이 적게 나타난 것으로 사료된다. 또한 비록 돼지 관상동맥은 병변이 없는 상태이고 굴곡도 심하지 않아 Core® stent 군이나 PS® stent 군에서 스텐트 삽입 후 혈관 조영술상 각도변화를 보이진 않았지만, 이와 같은 결과로 수축기와 이완기에 따라 역동적으로 모양이 변화하는 심장근육내의 관상동맥에서는 쉽게, 그리고 혈관벽에 저항없이 빨리 혈관모양에 따라 형상이 변하는 flexibility가 신생내막 증식정도를 결정하는 중요 인자인 것으로 사료된다.

한편 재협착 예방 효과가 좋은 스텐트는 혈관벽의 손상을 최소화할 수 있고, 내경이 적고 병변의 길이가 길더라도 스텐트의 시술이 용이하여 신내막 증식을 효과적으로 억제할 수 있는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서 사용한 Core® stent는 conventional PTCA balloon에 mount하기에 용이하였으며, 1 mm 이하의 low crimped profile을 보여 돼지 관상동맥내에 시술하기에 어려움이 없었다. Core® stent와 PS® stent를 돼지의 정상 관상동맥에 삽입한 뒤 4주 후에 실시한 관상동맥 조영술 결과 시술 혈관 내경은 두 종류의 stent 사이에 차이가 없었으나, 조직병리학적 소견상 신생내막 영역은 Core® stent가 PS® stent보다 통계적으로 유의하게 작았다. 이는 아마도 신생내막영역은 5개의 조직절편중 가장 증식이 많은 3개의 절편의 평균치인 반면 혈관내경은 조직절편이 아닌 관상동맥 조영술을 통해 측정하였으므로 양군간 minimal luminal diameter의 차이가 없었을 것으로 사료된다. 한편, Core® stent가 PS® stent에 비해서 굴곡적응도가 좋으므로 혈관에 미치는 straightening effect가 적고 이것이 혈관에 미치는 자극을 감소하여 신내막 증식을 효과적으로 방지할 수 있었을 것으로도 사료된다. 굴곡이 심한 병변에서 straightening effect가 적은 경우가 재협착률이 적었다는 임상보고도 있었다.[12)13)]

돼지 관상동맥 스텐트 재협착 모델을 이용한 실험의 결과 Core® stent가 PS® stent에 비해 심내막 증식이 감소하여 임상에 유용하게 사용될 수 있음을 시사하였으며, bending test상 개선된 flexibility를 이용, 향후 굴곡이 심한 병변이나 길이가 긴 병변에 대한 Core® stent의 굴곡 적응도 및 재협착에 대한 효과를 관찰하기 위해 실제 임상에서의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

연구목적 :

현재 임상에서 많이 사용되는 기존의 MAC® stent의 개념을 발전시킨 Core® stent(E.O. Medical)를 새롭게 개발하여 대표적인 slotted tube stent인 Palmaz-Schatz® (PS) stent(Johnson & Johnson사)와 비교하여 보고자 하였다.

방 법 :

돼지 관상동맥 스텐트 재협착 모델을 이용하여 Core® stent(1군)와 PS® stent(2군)를 동일한 돼지에 각각 12개씩 삽입하였다. 관상동맥 손상 4주후에 추적 관상동맥 조영술을 실시하고, 돼지를 희생시킨 후 병리조직학적 검사를 통하여 신생내막 형성의 정도를 파악하였고, bending test를 통하여 두 스텐트의 굴곡적응도를 비교하였다. 또 두 스텐트를 삽입한 후 관상동맥의 각도 변화를 측정하여 longitudinal straightening effect를 알아보았다.

결 과 :

돼지 관상동맥 내에 각각 12개의 PS® stent와 Core® stent를 성공적으로 삽입하였다.

1) 관상동맥 조영술상 시술 4주 후 스텐트 시술부위의 혈관 내경은 1군 2.50±0.13 mm, 2군 2.49±0.19 mm로 신생내막의 증식으로 인한 관상동맥 협착의 정도는 양군에서 같았다.

2) 조직병리검사상 Core® stent 삽입군이 Palmaz-

Schatz® stent 삽입군에 비해 혈관 손상이 심한 경향이 있었으나 통계학적으로 유의하지는 않았으며, 신생 내막면적은 1군은 1.81±0.67 mm^2, 2군은 2.93±0.94 mm^2로 Core® stent를 삽입한 군이 Palmaz - Schatz® stent를 삽입한 군에 비해 신생내막 면적이 유의하게 작았다.

3) Bending test 결과 Core® stent가 PS® stent에 비해 좋은 굴곡적응도를 보였다.

4) PS® stent와 Core® stent를 관상동맥에 삽입한 후 혈관의 각도 변화는 두 군 사이에 차이가 없었다(13.2±9.0, 14.4±11.1, p=0.88).

결 론 :

Core® stent가 PS® stent에 비해 신생내막 증식이 감소하여 임상에 유용하게 사용될 수 있음을 시사하였으며, bending test상 개선된 flexibility를 이용, 향후 굴곡이 심한 병변이나 길이가 긴 병변에 대한 Core® stent의 굴곡 적응도 및 재협착에 대한 효과를 관찰하기 위해 임상 연구가 필요할 것으로 사료된다.

중심 단어 : 스텐트 · 재협착 · 돼지 실험 모델.

REFERENCES

1) George BS, Voorhees WD 3rd, Roubin GS, Fearnot NE, Pinkerton CA, Raizner AE, *et al. Multicenter investigation of coronary stenting to treat acute or threatened closure after percutaneous transluminal coronary angioplasty: Clinical and angiographic outcomes. J Am Coll Cardiol 1993;22:135-43.*
2) Herrmann HC, Buchbinder M, Clemen MW, Fischman D, Goldberg S, Leon MB, *et al. Emergent use of balloon-expandable coronary artery stenting for failed precutaneous transluminal coronary angioplasty. Circulation 1992;86:812-9.*
3) Maiello L, Colombo A, Gianrossi R, McCanny R, Finci L. *Coronary stenting for treatment of acute or threatened closure following dissection after coronary balloon angioplasty. Am Heart J 1993;125:1570-5.*
4) Fischman DL, Leon MB, Baim DS, Schatz RA, Savage MP, Penn I, *et al. A randomized comparison of coronarystent placement and balloon angioplasty in the treatment of coronary artery disease. N Eng J Med 1994; 331:496-501.*
5) Serruys PW, de Jaegere P, Kiemeneij F, Macaya C, Rutsch W, Heyndrickx G, *et al. A comparison of balloon-expandablestent implantation with balloon angioplasty in patients with coronary artery disease. N Engl J Med 1994;331:489-95.*
6) Kim SH, Jeong MH, Jang YS, Bae Y, Kim JW, Cho JH, *et al. Clinical experience of coronary MAC® stent. Korean Circ J 1998;28:1700-6.*
7) Schneider JE, Berk BC, Gravanis MB, Santoian EC, Cipolla GD, Tarazona N, *et al. Probucol decreases neointimal formation in a swine model of coronary artery balloon injury. A possible role for antioxidants in restenosis. Circulation 1993;88:628-37.*
8) Sigwart U, Puel J, Mirkovitch V, Joffre F, Kappenberger L. *Intravascular stents to prevent occlusion and restenosis after transluminal angioplasty. N Engl J Med 1987; 316:701-6.*
9) Lansky AJ, Roubin GS, O'Shaughnessy CD, Moore PB, Dean LS, Raizner AE, *et al. Randomized comparison of GR-II® stent and Palmaz-Schatz® stent for elective treatment of coronary stenoses. Circulation 2000;102:1364-8.*
10) Painter JA, Mintz GS, Wong SC, Popma JJ, Pichard AD, Kent KM, *et al. Serial intravascular ultrasound studies fail to show evidence of chronic Palmaz-Schatz stent recoil. Am J Cardiol 1995;75:398-400.*
11) Vrints CJ, Claeys MJ, Bosmans J, Conraads V, Snoeck JP. *Effect of stenting on coronary flow velocity reserve: comparison of coil and tubular stents. Heart 1999;82: 465-70.*
12) Abhyankar DA, Luyue G, Bailey BP. *Stent implantation in severely angulated lesions. Cathet Cardiovasc Diagn 1997;40:261-4.*
13) Gyongyosi M, Yang P, Khorsand A, Glogar D. *Longitudinal straightening effect of stents is an additional predictor for major adverse cardiac events. J Am Coll Cardiol 2000;35:1580-9.*